

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

特許第3396441号  
(P3396441)

(45) 発行日 平成15年4月14日 (2003. 4. 14)

(24) 登録日 平成15年2月7日 (2003. 2. 7)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

H 0 4 B 10/02  
10/16  
10/17  
10/18

H 0 4 B 9/00

M  
J

請求項の数 5 (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-65416  
(62) 分割の表示 特願平5-242564の分割  
(22) 出願日 平成5年9月29日 (1993. 9. 29)  
  
(65) 公開番号 特開平11-317705  
(43) 公開日 平成11年11月16日 (1999. 11. 16)  
審査請求日 平成11年3月11日 (1999. 3. 11)  
(31) 優先権主張番号 特願平5-198674  
(32) 優先日 平成5年8月10日 (1993. 8. 10)  
(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(73) 特許権者 000005223  
富士通株式会社  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1  
番1号  
(72) 発明者 石川 丈二  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1  
番1号 富士通株式会社内  
(72) 発明者 尾中 寛  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1  
番1号 富士通株式会社内  
(72) 発明者 宮田 英之  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1  
番1号 富士通株式会社内  
(74) 代理人 100092978  
弁理士 真田 有

審査官 遠山 敬彦

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光中継装置および光通信システム

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光送信装置から送信された光信号を増幅  
して光受信装置に伝送する光中継装置において、

光信号を増幅する第1の光増幅部と、  
該第1の光増幅部で増幅された光信号の分散を補償する  
ように分散を与える分散補償部と、  
該分散補償部から出力される光信号を増幅する第2の光  
増幅部とをそなえたことを特徴とする、光中継装置。

【請求項2】 該第1の光増幅部および該第2の光増幅  
部とが有する利得は、該分散補償部の損失と所望の光信  
号出力レベルとによって選択されることを特徴とする、  
請求項1記載の光中継装置。

【請求項3】 それぞれ波長の異なる複数の光信号を波  
長多重化し波長多重光として光ファイバ伝送路に出力す  
る波長多重装置と、

該光ファイバ伝送路から受信した波長多重光を複数の光  
信号に波長分離する波長分離装置と、  
該波長多重光を増幅する光増幅装置とをそなえ、  
該光増幅装置が、  
該波長多重光を増幅する第1の光増幅部と、  
該波長多重光が該光ファイバ伝送路中で受ける分散を補  
償するように分散を与える分散補償部と、  
該分散補償部から出力される波長多重光を増幅する第2  
の光増幅部とを有して構成されていることを特徴とす  
る、光通信システム。

【請求項4】 光信号を光ファイバ伝送路に入射する光  
送信装置と、  
該光ファイバ伝送路から光信号を受信する光受信装置  
と、  
該光信号を増幅する光増幅装置とをそなえ、

該光増幅装置が、  
該光信号を増幅する第1の光増幅部と、  
該光信号が該光ファイバ伝送路中で受ける分散を補償するように分散を与える分散補償部と、  
該分散補償部から出力される光信号を増幅する第2の光増幅部とを有して構成されていることを特徴とする、光通信システム。

【請求項5】 該第1の光増幅部および該第2の光増幅部とが有する利得は、該分散補償部の損失と所望の光信号出力レベルとによって選択されることを特徴とする、請求項3または請求項4に記載の光通信システム。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】（目次）

産業上の利用分野

従来の技術

発明が解決しようとする課題

課題を解決するための手段

発明の実施の形態

〔1〕第1実施形態の説明（図1，図7）

〔2〕第2実施形態の説明（図2）

〔3〕第3実施形態の説明（図3）

〔4〕第4実施形態の説明（図4）

〔5〕第5実施形態の説明（図5，図6）

発明の効果

##### 【0002】

【産業上の利用分野】本発明は、例えばエルビウムドープ光ファイバ増幅器（Er-Doped Fiber Amplifier：以下、EDFAという）を用いた長距離・超高速光通信システムに用いて好適の光中継装置および光通信システムに関する。

##### 【0003】

【従来の技術】近年の飛躍的な情報量の増加に伴い大容量の通信システムが必要となっており、現在、この通信システムの構築のための研究も活発に行なわれている。このような大容量化を実現する通信システムとしては光通信システムが最も有望視されており、例えば、現在では2.4Gb/sの光通信システムとともに、EDFAを用いた光増幅多中継システムが実用化されつつあるが、今後、さらに進行する情報化に伴い、情報量はますます増加することが予想され、この情報量の増加に対応して大容量化された光通信システム構築が望まれるところである。

【0004】光通信システムの大容量化の方法としては、伝送速度の高速化という意味で時間軸上での多重化をはかるTDM（時分割多重）方式や、光周波数軸上での多重化をはかるWDM〔波長分割多重；一般に、波長間隔の比較的広いものをWDM方式、高密度多重したものをFDM（周波数分割多重）方式と呼んでいる〕方式が挙げられる。

【0005】このうち、TDMのような多重化において

は、伝送速度を高速化させるため、送信機、受信機内の電子回路の高速化が必要となり、現状では数十Gb/sが限界と考えられている。一方、光ファイバの広帯域性を利用したWDM（FDM）方式では、伝送速度の高速化と併用することで、数十～数百Gb/sの大容量化が可能であり、光カプラ、光フィルタ等を用いた光多重化装置、光分離装置（MUX/DEMUX）により、多重・分離が光領域で簡単に行なえるため電子回路に対する負担も軽減される。

##### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、光通信システムの長距離化および高速化を制限する要因には、光ファイバ損失による損失制限と波長分散による帯域制限とがある。損失制御は、EDFAの出現によりほぼ解決され、数千km以上の超長距離光通信システムの構築も可能になってきている。

【0007】しかし、多中継光増幅システムにおける中継間隔は、主に、①各光増幅中継器でのASE（自然放光：Amplified Spontaneous Emission）累積による光SNR（Signal to Noise Ratio）劣化と、②Kerr効果を介したSPM-GVD効果による波形劣化との2つの要因で制限される。なお、SPM-GVD効果とは、伝送距離と伝送速度との制限要因の一つである、自己位相変調と波長分散（群速度分散）との相互効果のことである。

【0008】これらのうち②のSPM-GVD効果による波形劣化は光ファイバ伝送路と正負反対符号の分散値をもつ光分散補償器を用いて補償できることは既知であり、そのSPM-GVD効果による波形劣化および分散補償効果は、スプリット・ステップ・フーリエ法を用いて非線形シュレディンガー方程式を解くことにより容易にシミュレーション可能である。

【0009】上述の目的で用いられる光分散補償器には、それぞれの中継区間の光ファイバ分散量に対応可能であること、最適分散補償量を実現するまでの工数削減および時間短縮、且つ、低コスト化が可能であることが要求される。また、光分散補償技術は、現在敷設中の1.55μm分散シフトファイバ（以下、DSFという）伝送路網だけでなく、既設の1.3μmシングルモードファイバ（以下、SMFという）伝送路網を利用した長距離・超高速光通信システムや、WDM（FDM）方式の光通信システムにおいても重要である。

【0010】数千km以上の超長距離光通信システムの場合、分散ペナルティーを回避するには光ファイバ伝送路の零分散波長 $\lambda_0$ を用い、非線形効果を最小限に抑えるには光ファイバの正常分散領域（分散値 $D < 0$ ）を用いるのが望ましいとされている。この相反する条件を満たすために、伝送路としては正常分散領域を用い、光分散補償器を用いることで、見かけの分散値を零にする手段が提案されている。また、この光分散補償技術は、DS

F伝送だけでなく、約18ps/nm/kmの大きな分散値を有するSMF伝送にも有効である。

【0011】光分散補償器としては、これまで、分散補償ファイバ、トランスパースフィルタタイプ、光共振器タイプ等が提案されている。現状では、ファイバ長を変えることで分散補償量を容易に調節することができるという利点から分散補償ファイバが有望視されており、コア形状を工夫することで、分散値 $-100\text{ps}/(\text{nm}\cdot\text{km})$ 以上が得られている。しかし、このような光分散補償器では、ファイバ長により分散補償量を容易に調節できる反面、光損失が大きくなってしまふ。

【0012】本発明はこのような課題に鑑み創案されたもので、雑音指数を劣化させることなく、分散補償による光損失を確実に補償できるようにした、光中継装置および光通信システムを提供することを目的とする。

【0013】

【課題を解決するための手段】このため、本発明の光中継装置（請求項1）は、光送信装置から送信された光信号を増幅して光受信装置に伝送する光中継装置において、光信号を増幅する第1の光増幅部と、該第1の光増幅部で増幅された光信号の分散を補償するように第2の分散を与える分散補償部と、該分散補償部から出力される光信号を増幅する第2の光増幅部とをそなえたことを特徴としている。このとき、該第1の光増幅部および該第2の光増幅部とが有する利得を、該分散補償部の損失と所望の光信号出力レベルとによって選択してもよい（請求項2）。

【0014】また、本発明の光通信システム（請求項3）は、それぞれ波長の異なる複数の光信号を波長多重化し波長多重光として光ファイバ伝送路に出力する波長多重装置と、該光ファイバ伝送路から受信した波長多重光を複数の光信号に波長分離する波長分離装置と、該波長多重光を増幅する光増幅装置とをそなえ、該光増幅装置が、該波長多重光を増幅する第1の光増幅部と、該波長多重光が該光ファイバ伝送路中で受ける分散を補償するように分散を与える分散補償部と、該分散補償部から出力される波長多重光を増幅する第2の光増幅部とを有して構成されていることを特徴としている。

【0015】さらに、本発明の光通信システム（請求項4）は、光信号を光ファイバ伝送路に入射する光送信装置と、該光ファイバ伝送路から光信号を受信する光受信装置と、該光信号を増幅する光増幅装置とをそなえ、該光増幅装置が、該光信号を増幅する第1の光増幅部と、該光信号が該光ファイバ伝送路中で受ける分散を補償するように分散を与える分散補償部と、該分散補償部から出力される光信号を増幅する第2の光増幅部とを有して構成されていることを特徴としている。

【0016】これらの光通信システム（請求項3、4）において、該第1の光増幅部および該第2の光増幅部とが有する利得を、該分散補償部の損失と所望の光信号出

力レベルとによって選択してもよい（請求項5）。

【0017】上述した光中継装置（請求項1、2）および光通信システム（請求項3～5）では、分散補償部の前後にそれぞれ第1の光増幅部および第2の光増幅部をそなえることにより、分散補償部による光損失を補償することができるとともに、前段の光増幅部（第1の光増幅部）の雑音指数〔以下、NF（Noise Figure）という〕を小さくすることができる。

【0018】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の実施形態を説明する。

〔1〕第1実施形態の説明

図1は本発明の第1実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）を示すブロック図であり、この図1において、21は電気信号を光信号に変換して光ファイバ（光ファイバ伝送路）2に入射・送信する送信機（E/O；光送信装置）、22は光ファイバ2中に挿入される中継器で、この中継器22は、光ファイバ2中にほぼ一定間隔 $L_{\text{In-line}}$ で挿入され、線路損失により減衰した信号を増幅するインライン中継器（In-line amplifier；光増幅装置／光伝送装置）である。

【0019】また、23は光ファイバ2からの光信号を受信して電気信号に変換する受信機（O/E；光受信装置）で、上述した送信機21と受信機23とを、複数の中継器22を介して光ファイバ2により接続することで、光伝送系20が構成され、この光伝送系20において、送信機21からの信号光が、中継器22および光ファイバ2を介して受信機23へ伝送されるようになっている。

【0020】そして、第1実施形態の中継器22は、光ファイバ2を伝送される光信号を増幅するEDFA等の光増幅器（第1の光増幅部）22aと、光信号が光ファイバ2中で受ける分散を補償するように第2の分散を与える光分散補償器ユニット（分散補償部）24と、この光分散補償器ユニット24からの光信号を増幅して光ファイバ2に出力するEDFA等の光増幅器（第2の光増幅部）22bとを有して構成されている。

【0021】また、光分散補償器ユニット24は、それぞれ正の分散量 $+B$ 、負の分散量 $-B$ を有する2種類の光分散補償器ユニット24A、24Bを有して構成されている。なお、光増幅器22aおよび22bの有する利得は、光分散補償器ユニット24による損失と所望の光信号出力レベルとによって選択される。

【0022】ところで、光伝送系20が、光ファイバ2中にほぼ一定間隔 $L_{\text{In-line}}$ で中継器22を挿入されるとともに、光ファイバ2中にほぼ一定間隔 $L_{\text{R-rep}}$ （ $>L_{\text{In-line}}$ ）で再生中継器（Regenerative-repeater；図示略）を挿入される光増幅再生中継システムである場合、図7により後述するように、再生中継器間隔 $L_{\text{R-rep}}$

p が長距離になるほど許容分散値は小さくなるため、チャネル（信号光）の配置位置をその許容分散値以内に収めるための光分散補償器は不可欠になっている。なお、再生中継器は、線路特性に依存した雑音の影響によって劣化した信号光が、識別不可能な状態になる前に新たなパルスにつくり直して伝送するためのもので、等化増幅（Reshaping）、リタイミング（Retiming）、識別再生（Regenerating）の3つのRからなる機能を有し、3R中継器とも呼ばれる。

【0023】上述のような光増幅再生中継システムにおいて、再生中継器の間隔 $L_{R\text{-rep}}$ は、主に、①中継器22でのASE累積による光SNR劣化と、②光ファイバ2中でのKerr効果を介したSPM-GVD効果による波形劣化との2つの要因で制限される。同時に、光ファイバ2中への入力パワーの下限は光SNRにより制限され、上限はSPM-GVD効果によって制限される。なお、SPM-GVD効果による波形劣化の評価に対しては、前述したように、一般に、スプリット・ステップ・フーリエ法を用いて非線形シュレディンガー方程式を解くことによるシミュレーションが有効である。

【0024】図7に、伝送速度を10Gbps、中継器22の間隔 $L_{\text{In-line}}$ を70kmとして1波のみを伝送する場合の光ファイバ2への入力パワーと再生中継器の間隔 $L_{R\text{-rep}}$ との関係の例を示す。各光増幅装置（中継器22）からの光出力の変動を $\pm 2\text{dB}$ と仮定すると、許容分散値 $D_{\text{allow}} = \pm 1\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ の場合は、再生中継器の間隔 $L_{R\text{-rep}}$ の最大値は280kmとなり、許容分散値 $D_{\text{allow}} = \pm 2\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ の場合は、再生中継器の間隔 $L_{R\text{-rep}}$ の最大値は210kmとなる。長距離伝送を実現するためには、許容分散値を小さく且つ光ファイバ2への入力パワーを大きく設定する必要がある。

【0025】また、光ファイバ2の零分散波長周辺の帯域を利用したWDM方式において、四光波混合（FWM: Four Wave Mixing）によるクロストークを避けるために、光ファイバ2の零分散波長と信号光波長とを離れた場合、その分の分散補償が必要となる。このような分散補償は、一波伝送、SMF伝送にも必要である。

【0026】特に、陸上の光通信システムの場合、中継間隔は一定ではなく、さらに実際の光ファイバ2の零分散波長は長手方向にばらついているため、各中継区間の分散量を等しくすることは困難である。そのため、DSF（光ファイバ2）の零分散波長付近に信号光波長を設定した場合、各中継区間毎に分散量の正負が異なる可能性さえある。

【0027】そこで、この第1実施形態では、光伝送系20の分散量を補償するために、光増幅装置として機能する中継器22に、2種類の光分散補償器ユニット24A、24Bを予め挿入しておき、この光伝送系20の伝送特性が良好となる方の光分散補償器ユニット24Aもしくは24Bを選択する。これにより、正確な分散量を

測定できず、且つ、零分散波長ばらつきをある程度把握できている場合、光伝送系20の分散量を簡易的に補償できる。

【0028】また、光伝送系20の分散量を測定できる場合には、測定された分散量の符号とは反対の符号の光分散補償器ユニット24Aもしくは24Bを選択することで、より確実に光伝送系20の分散量を補償することができる。このように、第1実施形態によれば、個々の伝送路に応じた光分散補償器を設計・製作することなく、SPM-GVD効果による波形劣化やガードバンドについての分散量を容易に補償でき、光通信システム構築までの工数削減および時間短縮を実現することができる。

【0029】ここで、第1実施形態の具体的な数値例について説明する。伝送速度を10Gbps、中継器間隔 $L_{\text{In-line}}$ を70km、各光増幅器からの光出力の変動を $\pm 2\text{dB}$ と仮定すると、図7より、許容分散値 $D_{\text{allow}} = \pm 1\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ で最大再生中継器間隔は280kmとなり、280km伝送後の信号光の分散量としては $\pm 280\text{ps}/\text{nm}$ の分散補償が必要である。そこで、例えば、伝送路分散量が $+1200\text{ps}/\text{nm}$ の場合、分散量 $+1000\text{ps}/\text{nm}$ と $-1000\text{ps}/\text{nm}$ との光分散補償器ユニット24A、24Bを用意した場合、分散量 $-1000\text{ps}/\text{nm}$ の光分散補償器ユニット24Bを伝送路中に挿入すれば、総分散量が $+200\text{ps}/\text{nm}$ となり、伝送可能になる。

【0030】一方、光分散補償器としては、前述した通り、これまで、分散補償ファイバ、トランスパースルフィルタタイプ、光共振器タイプなどが提案されている。現在、コア形状を工夫することで、分散値 $-100\text{ps}/(\text{nm} \cdot \text{km})$ 以上の分散補償ファイバが製作されているが、ファイバ長により分散補償量を容易に調節できる反面、光損失が大きくなってしまう。しかし、第1実施形態のように、光分散補償器ユニット24をEDFA等の光増幅器22a、22bと一体化することにより、分散補償ファイバの光損失を補償することができる。

【0031】また、光増幅器が1段のみであると、伝送路損失と光分散補償器ユニット24での光損失との両方を補償する大きな利得が要求されるばかりでなく、光損失の大きい光分散補償器ユニット24を光増幅器の前段に配置した場合はNFを大きく劣化させる原因となる。これは、特に、光増幅多中継システムにおける1R中継器に光分散補償器ユニット24を挿入する場合には避けなければならない。

【0032】そこで、図1に示すように、光分散補償器ユニット24の前後を2つの光増幅器22a、22bで挟むような構成にすることにより、前段の光増幅器22aのNFを小さくすることで、1R中継器全体のNFを小さく抑えることができ、且つ、2段の光増幅器22a、22bで十分な利得を確保することができる。従って、雑音指数を劣化させることなく、分散補償による光

損失を確実に補償することができるのである。

#### 【0033】〔2〕第2実施形態の説明

次に、本発明の第2実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）について説明すると、図2はそのブロック図であり、この図2中において、既述の符号と同一の符号は同一部分を示しているため、その説明は省略する。

【0034】前述した第1実施形態の中継器22においては、光増幅器22aと22bとの間に、正の分散量+B、負の分散量-Bを有する2種類の光分散補償器ユニット24A、24Bを予め用意していたのに対して、この第2実施形態の中継器（光増幅装置）22においては、光増幅器22aと22bとの間に、正負符号、分散量の異なる複数種類の光分散補償器ユニット25A、25Bからなる光分散補償器ユニット（分散補償部）25が予め用意されている。つまり、第2実施形態では、分散量B1、B2の2種類の光分散補償器ユニット25A、25Bがそれぞれ複数個用意され、これらの光分散補償器ユニット25A、25Bを組み合わせで構成された光分散補償器ユニット25が、中継器22にそなえられている。

【0035】そして、本実施形態では、光通信システム敷設現場において、2種類の光分散補償器ユニット25A、25Bを、設置数、組合せを変えながらそれぞれ中継器22に挿入し、この光伝送系20の伝送特性、特に符号誤り率を測定しながら、その伝送特性が良好となる設置数、組合せの光分散補償器ユニット25（図2中では3個の光分散補償器ユニット25Aと1個の光分散補償器ユニット25Bとを組み合わせたもの）を、2種類の光分散補償器ユニット25A、25Bの中から選択・決定して中継器22に挿入・設置している。

【0036】これにより、零分散波長ばらつきが不明である場合や、零分散波長と信号光波長とが大きく離れている場合に対応して、光伝送系20の分散量を簡易的に且つ最適に補償することができる。また、光伝送系20の分散量を測定できる場合には、その分散量を測定し、測定された分散量に基づいて、信号光の分散値が伝送可能な分散値内になる設置数、組合せの光分散補償器ユニット25を、2種類の光分散補償器ユニット25A、25Bの中から選択・決定し、中継器22に挿入・設置することにより、光伝送系20の分散量が確実に許容分散値以内に収まるように補償することができる。

【0037】このように、第2実施形態によっても、中継器22の光増幅器22aと22bとの間に光分散補償器ユニット25をそなえることにより、個々の伝送路に応じた光分散補償器を設計・製作することなく、SPM-GVD効果による波形劣化を容易に補償でき、光通信システム構築までの工数削減および時間短縮を実現することができるほか、雑音指数を劣化させることなく、分散補償による光損失を確実に補償することができる。な

お、上述した第2実施形態では、予め用意される光分散補償器ユニットを2種類とした場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0038】ここで、第2実施形態の具体的な数値例について説明する。第1実施形態の数値例と同様に、280km伝送後の信号光の分散量としては $\pm 280\text{ps/nm}$ の分散補償が必要である場合に、例えば、分散量A1、A2、B1、B2としてそれぞれ $+300\text{ps/nm}$ 、 $+100\text{ps/nm}$ 、 $-300\text{ps/nm}$ 、 $-100\text{ps/nm}$ なる光分散補償器ユニットを用意しているとすると、光分散補償器ユニットとしては、 $B1 \times 3$ 個 $+ B2 \times 1$ 個を組み合わせで伝送路中に挿入すれば、総分散量が $+200\text{ps/nm}$ となり、伝送可能になる。

#### 【0039】〔3〕第3実施形態の説明

次に、本発明の第3実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）について説明すると、図3はそのブロック図である。なお、前述した第1および第2実施形態では、1波の信号光のみを伝送する場合について説明したが、本実施形態では、4チャンネルの信号光（波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ ）を波長多重して伝送する場合について説明する。

【0040】図3に示すように、本実施形態においても、光伝送系（光通信ネットワーク）20が、送信機21、中継器22、受信機23を光ファイバ2により接続して構成されているが、この第3実施形態の光伝送系20において、送信機（光送信装置）21は、各チャンネルの電気信号を互いに波長（周波数）の異なる信号光に変換した後に、これらの信号光について波長多重を行なうもので、各チャンネル毎に設けられ各チャンネルの電気信号を所定波長の信号光に変換する電気/光変換部（E/O1～E/O4）21aと、各チャンネル毎の電気/光変換部21aからの信号光を受けてこれらの信号光を多重化するための光多重化部（波長多重装置）21bとをそなえて構成されている。

【0041】また、受信機（光受信装置）23は、送信機21から光ファイバ2、中継器22を介して伝送されてきた多重化された信号光を分離するとともに各信号光を電気信号に変換するもので、多重化された信号光を各チャンネルに分離・分配する光分離部（波長分離装置）23aと、各チャンネル毎に設けられ光分離部23aから分配されてきた当該チャンネルの信号光を電気信号に変換する光/電気変換部（O/E1～O/E4）23bとをそなえて構成されている。

【0042】そして、第3実施形態の中継器（光増幅装置）22には、光増幅器22a、22bのほかに、この中継器22を構成する光増幅器22aの後段に、増幅後の信号光を各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ 毎に一波ずつ波長分離する光分離部22cと、この光分離部22cにより分離された各波長 $\lambda_1 \sim \lambda_4$ の信号光のチャンネル毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設

置してなる光分散補償器ユニット（分散補償部）25と、この光分散補償器ユニット25により分散補償された各チャンネル毎の信号光を再び波長多重化して光増幅器22bへ送出する光多重化部22dとがそなえられている。

【0043】図3に示す例では、波長 $\lambda_1$ のチャンネルには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aが1つだけ設けられ、波長 $\lambda_2$ のチャンネルには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aと分散量B2の光分散補償器ユニット25Bとが1ずつ設けられ、波長 $\lambda_3$ のチャンネルには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aが1つ且つ分散量B2の光分散補償器ユニット25Bが2つ設けられ、波長 $\lambda_4$ のチャンネルには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aが1つ且つ分散量B2の光分散補償器ユニット25Bが3つ設けられている。

【0044】このとき、各チャンネルに配置される光分散補償器ユニット25A、25Bの設置数、組合せを選択する際には、第1、第2実施形態により説明したように、各チャンネルの伝送特性が良好となるものをトライアンドエラーにより選択してもよいし、光伝送系20の分散量が測定可能であればその測定結果に基づいて信号光の分散値が伝送可能な分散値内になるものを選択してもよい。

【0045】このように、第3実施形態によれば、光伝送系20が互いに波長の異なる信号光を多重化して伝送する光波長多重伝送を行なう場合にも、中継器22の光増幅器22aと22bとの間に、各波長毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置することにより、上述した第1、第2実施形態と同様の作用効果が得られる。なお、上述した第3実施形態では、多重化する信号光のチャンネル数が4で、各チャンネル毎の分散補償のために予め用意した光分散補償器ユニットが2種類である場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0046】〔4〕第4実施形態の説明

次に、本発明の第4実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）について説明すると、図4はそのブロック図であり、既述の符号と同一の符号は同一部分を示しているため、その説明は省略する。

【0047】前述した第3実施形態では、中継器22において各波長毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置する場合について説明したが、この第4実施形態の中継器22では、複数波（本実施形態では2波）の信号光からなるチャンネルグループ毎に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置している。

【0048】即ち、図4に示すように、第4実施形態の中継器（光増幅装置）22において、光増幅器22aと22bとの間に、光増幅器22aにより増幅された信号

光を2つのチャンネルグループ（波長 $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ のグループと波長 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$ のグループ）に波長分離する光分離部22eと、この光分離部22eにより分離された各チャンネルグループ毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置してなる光分散補償器ユニット（分散補償部）25と、この光分散補償器ユニット25により分散補償された各チャンネルグループ毎の信号光を再び波長多重化して光増幅器22bへ送出する光多重化部22fとがそなえられている。

【0049】そして、図4に示す例では、波長 $\lambda_1$ と $\lambda_2$ とのチャンネルグループには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aが1つだけ設けられ、波長 $\lambda_3$ と $\lambda_4$ とのチャンネルグループには分散量B1の光分散補償器ユニット25Aと分散量B2の光分散補償器ユニット25Bとが1ずつ設けられている。

【0050】このとき、各チャンネルグループに配置される光分散補償器ユニット25A、25Bの設置数、組合せを選択する際には、第1、第2実施形態により説明したように、各チャンネルの伝送特性が良好となるものをトライアンドエラーにより選択してもよいし、光伝送系20の分散量が測定可能であればその測定結果に基づいて信号光の分散値が伝送可能な分散値内になるものを選択してもよい。

【0051】このような第4実施形態によっても、上述した第1～第3実施形態と同様の作用効果が得られる。なお、上述した第4実施形態では、多重化する信号光のチャンネル数が4で、各チャンネル毎の分散補償のために予め用意した光分散補償器ユニットが2種類で、且つ、2つのチャンネルグループに分ける場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。

【0052】〔5〕第5実施形態の説明

次に、本発明の第5実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）について説明すると、図5はそのブロック図、図6はその変形例によるパッケージ構成例を示す図である。なお、既述の符号と同一の符号は同一部分を示しているため、その説明は省略する。

【0053】前述した第3、第4実施形態の中継器22に、各波長毎、各チャンネルグループ毎に適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bをそなえた場合について説明したが、この第5実施形態の中継器（光増幅装置）22には、複数チャンネル（本実施形態では4チャンネル）の信号光に対し一括して、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置している。

【0054】即ち、図5に示すように、第5実施形態の中継器（光増幅装置）22において、光増幅器22aと22bとの間に、適当な設置数、組合せの光分散補償器ユニット25A、25Bを設置してなる光分散補償器ユニット（分散補償部）25がそなえられている。例え

ば、図5に示す例では、分散量B1の光分散補償器ユニット25Aが1つ且つ分散量B2の光分散補償器ユニット25Bが2つ設けられている。

【0055】このとき、一括して配置される光分散補償器ユニット25A、25Bの設置数、組合せを選択する際には、第1、第2実施形態により説明したように、各チャネルの伝送特性が良好となるものをトライアンドエラーにより選択してもよいし、光伝送系20の分散量が測定可能であればその測定結果に基づいて信号光の分散値が伝送可能な分散値内になるものを選択してもよい。

【0056】このように、第5実施形態によっても、上述した第1～第4実施形態と同様の作用効果が得られる。なお、上述した第5実施形態では、多重化する信号光のチャネル数が4で、各チャネル毎の分散補償のために予め用意した光分散補償器ユニットが2種類である場合について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。また、上述した第2～第5実施形態においては、各チャネルの波長間隔と伝送路の分散スロープ $dD/d\lambda$ とを考慮して各光分散補償器ユニットの分散値を設計し、光分散補償器ユニットの種類をできるだけ少なくすることが重要である。

【0057】一方、以上説明したような中継器（光伝送装置／光増幅装置）22は、一般に、プリント基板上に実装され（このようにプリント基板上に実装された形態のものをパッケージと呼んでいる）、装置架に挿抜できる構造になっている場合が多い。

【0058】そこで、本実施形態の中継器22を実装した光増幅パッケージを設け、この光増幅パッケージごと挿抜する構成にしてもよい。例えば、図5に示した中継器22をパッケージ化したものを図6に示す。この図6において、27はプリント基板で、このプリント基板27上に、前後2つの光増幅器22a、22bと、2種類3個の光分散補償器ユニット25A、25Bからなる光分散補償器ユニット25とが実装されることにより、光増幅パッケージ28が構成されている。なお、各光分散補償器ユニット25A、25Bは、プリント基板27上に設けられた小さなボビン25aに分散補償ファイバ（光ファイバ2）を所定長さ巻き付けることにより構成されている。

【0059】このような光増幅パッケージ28を用いることで、パッケージ単位で中継器22の入換え・組込みを容易に行なえることができる。

【0060】

【発明の効果】以上詳述したように、本発明の光中継装置（請求項1、2）および光通信システム（請求項3～

5）によれば、分散補償部の前後にそれぞれ第1の光増幅部および第2の光増幅部をそなえることにより、分散補償部による光損失を補償することができるとともに、雑音指数を小さくすることができる。つまり、雑音指数を劣化させることなく、分散補償による光損失を確実に補償することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）を示すブロック図である。

【図2】本発明の第2実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）を示すブロック図である。

【図3】本発明の第3実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）を示すブロック図である。

【図4】本発明の第4実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）を示すブロック図である。

【図5】本発明の第5実施形態としての光通信ネットワーク（光伝送系）および光伝送装置（光増幅装置）を示すブロック図である。

【図6】本発明の第5実施形態のパッケージ構成例を示す図である。

【図7】光ファイバ入力パワーと再生中継器間隔との関係を示すグラフである。

【符号の説明】

20 光伝送系（光通信ネットワーク）

21 送信機（光送信装置）

21a 電気／光変換部

21b 光多重化部（波長多重装置）

22 中継器（光増幅装置／光伝送装置）

22a 光増幅器（第1の光増幅部）

22b 光増幅器（第2の光増幅部）

22c, 22e 光分離部

22d, 22f 光多重化部

23 受信機（光受信装置）

23a 光分離部（波長分離装置）

23b 光／電気変換部

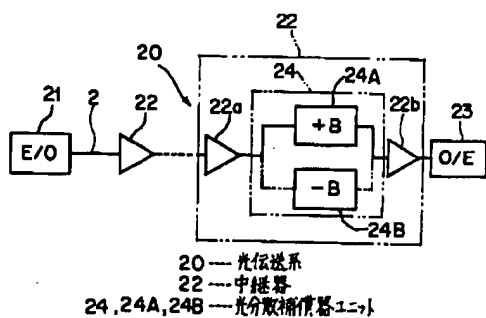
24, 24A, 24B, 25, 25A, 25B 光分散補償器ユニット（分散補償部）

25a ボビン

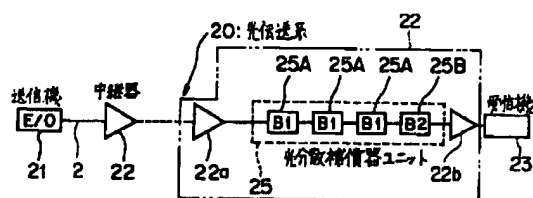
27 プリント基板

28 光増幅パッケージ

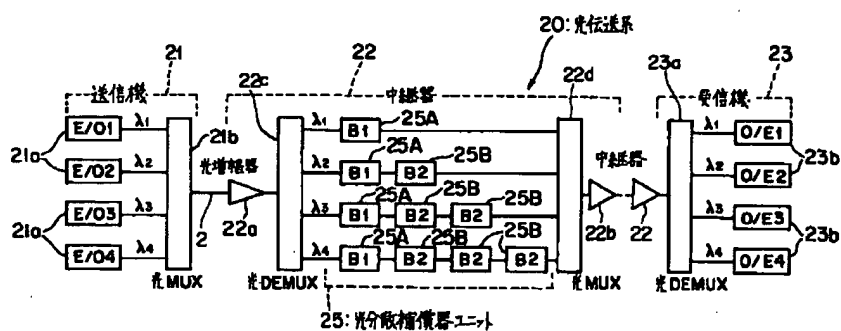
【図1】



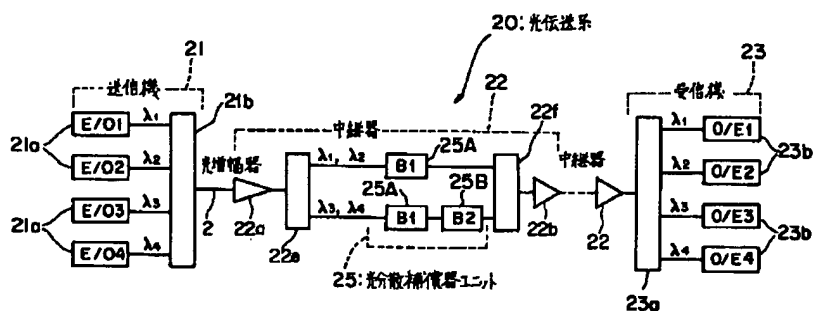
【図2】



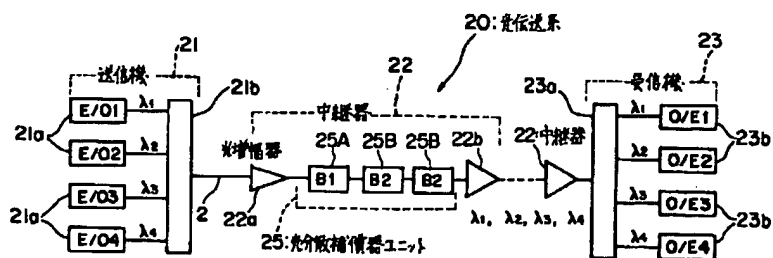
【図3】



【図4】

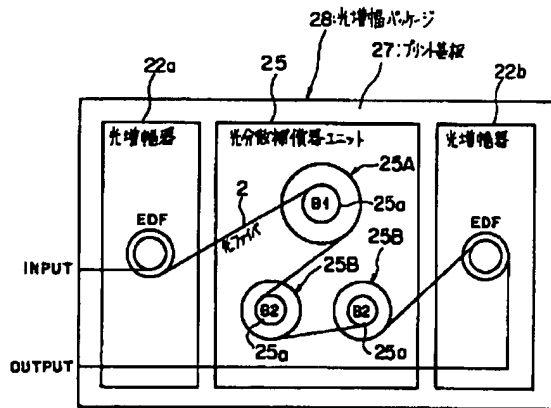


【図5】

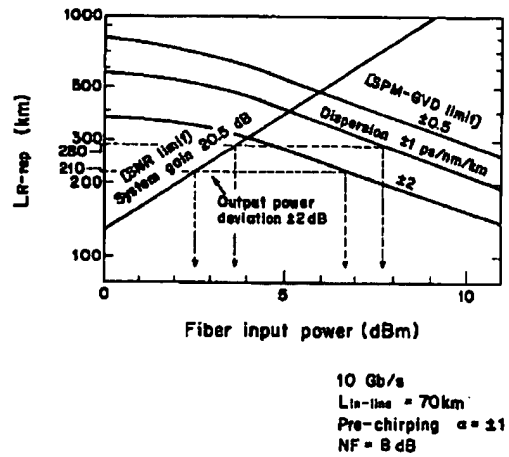




【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 関屋 元義  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1  
番1号 富士通株式会社内  
(72)発明者 大塚 和恵  
神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1  
番1号 富士通株式会社内

(56)参考文献 特開 平4-335619 (JP, A)  
特開 平3-46635 (JP, A)  
特開 平5-152645 (JP, A)

(58)調査した分野(Int. Cl.<sup>7</sup>, DB名)  
H04B 10/00 - 10/28  
H04J 14/00 - 14/08  
JICSTファイル(JOIS)